



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

**INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA EM CULTIVARES DE *Zea mays* L. A *Spodoptera*
frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae)**

GEMERSON MACHADO DE OLIVEIRA

Areia-PB
Dezembro de 2017

GEMERSON MACHADO DE OLIVEIRA

INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA EM CULTIVARES DE *Zea mays* L. A *Spodoptera*

***frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal da
Paraíba, Centro de Ciências Agrárias,
Campus II, Areia-PB, como parte das
exigências para obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Jacinto de Luna Batista

Areia-PB

2017

GEMERSON MACHADO DE OLIVEIRA

**INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA EM CULTIVARES DE *Zea mays* L. A *Spodoptera*
frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae)**

Aprovado em 15 de Dezembro de 2017

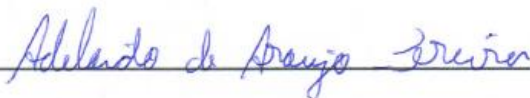
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Jacinto de Luna Batista (CCA-UFPB)
(Orientador)



Dr. Robério de Oliveira
(Examinador)



Msc. Adelaido de Araújo Pereira
(Examinador)

**Areia-PB
2017**

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB.

O48i Oliveira, Gemerson Machado de.

Indução de resistência em cultivares de Zea mays L. A Spodoptera frugiperda (lepidoptera: noctuidae).. / Gemerson Machado de Oliveira. - Areia: UFPB/CCA, 2018.

xi, 28 f.:

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) –
Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2018.

Bibliografia.

Orientador: Jacinto de Luna Batista.

1. Milho- cultura. 2. Danos e controle. 3. Agronomia. I. Batista, Jacinto de Luna.
(Orientador). II. Título.

UFPB/CCA

CDU: 633.15

EPÍGRAFE

“O êxito da vida não se mede pelo caminho que conquistou, mas sim pelas dificuldades que superou no caminho”
(Abraham Lincoln)

“Cada sonho que você deixa pra trás, é um pedaço do seu futuro que deixa de existir”.
(Steve Jobs)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, que são a base para todas as minhas conquistas.

As minhas irmãs, companheiras de toda vida.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço acima de tudo a DEUS, pela vida e por ter me fortalecido em todos os momentos;

Agradeço pela base. A toda minha família, destacando minha mãe Maria do Carmo Machado, meu pai Gabriel Martins de Oliveira e minhas irmãs Jessica Machado de Oliveira e Suely Maria Machado por todo o apoio, por me incentivarem e acreditarem em mim apesar de todas as dificuldades enfrentadas;

Agradeço pela assistência, paciência e sabedoria. Ao Professor Jacinto de Luna, pelos ensinamentos acadêmicos e sobre a vida;

Agradeço pela oportunidade e pelos ensinamentos. A Universidade Federal da Paraíba e aos professores, pela troca de conhecimentos durante o curso e pelo auxílio na concessão da minha formação profissional;

Agradeço pela amizade e companheirismo. Aos meus amigos, companheiros de pesquisa e de vida, que estiveram ao meu lado compartilhando aprendizados, Izabela Nunes do Nascimento e Robério de Oliveira.

Aos membros do Laboratório de Entomologia que convivi: Mileny Souza, Antonio Carlos, Matheus Borba, Adelaido Araújo, Haron Salvador; Seu Nino, José Luiz Júnior, Izabela Thaís, Thaís Vitoriano, Luana Vitória, Gilmar Nunes, Wennia Figueiredo, Renata Leandro, Heloísa Martins, Vinícios Barbosa, Joalisson Gonçalves, Whalamis Lourenço e também a Mirely Porcino da Fitopalogia e Kennedy Gonzaga da zoologia.

A meus colegas da turma de 2013.1, pelo aprendizado, companheirismo, conversas e risadas durante os anos de convivência. Em especial a Eduardo Felipe, Ingrid Duarte, Flaviano Fernandes, Jardel Souza, Lais Nobrega, Beatriz Macêdo, Tayron Costa, Matheus Ayres, Aelson Avelino, David Duarte, Arthur, Leandro, José Normand.

Aos que incentivaram a minha retomada acadêmica: Manoel Barreto, Anicely Ricardo, Erisvaldo Buriti, Zaquel, Maxsuel e André Luiz.

Agradeço aos colegas de quarto e de alojamento: Felipe Ivo, Augusto Falcão, Elias Ferreira, Aldeir Ronaldo, David Farias, Ariostes, pela amizade, carinho e pelos momentos de alegria, descontração e risos.

A todos meu muito obrigado!

SUMÁRIO

| | |
|--|-------------|
| LISTA DE TABELAS | viii |
| LISTA DE FIGURAS | ix |
| RESUMO | x |
| ABSTRACT | xi |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 2 |
| 2.1 Caracterização e Importância Socioeconômica do Milho | 2 |
| 2.2 Biologia, Danos e Controle de <i>Spodoptera frugiperda</i> | 3 |
| 2.3. Resistência de Plantas a Insetos | 5 |
| 2.4. Resistencia Induzida de Plantas a Insetos | 6 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS | 9 |
| 3.1 Avaliação dos danos e infestação de <i>Spodoptera frugiperda</i> | 10 |
| 3.2 Avaliação de características fisiológicas | 11 |
| 3.3 Análise Estatística | 11 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 11 |
| 5. CONCLUSÃO | 18 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 18 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Escala de notas de danos causados por <i>Spodoptera frugiperda</i> em plantas de <i>Zea mays</i> (CARVALHO, 1970)..... | 10 |
| Tabela 2. Percentual de infestação de <i>Spodoptera frugiperda</i> em <i>Zea mays</i> submetidos a tratamentos com Silicato de Potássio e Cloreto de Cálcio em cinco períodos de avaliações, Areia, 2017..... | 14 |
| Tabela 3. Concentração Interna de CO ² (CI), Déficit de Pressão (DP), Eficiência do Uso de Água (EFUA) e na Eficiência de Carboxilação (EC) em milho sob a aplicação de silicato de potássio, cloreto de cálcio e testemunha, Areia, 2017..... | 18 |

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Dados de precipitação, temperatura e umidade relativa semanais, provenientes da estação meteorológica convencional do município de Areia-PB, durante o período experimental.....9
- Figura 2.** Danos causados por *Spodoptera frugiperda* sobre o Híbrido AG 1051 (A) e Variedade Potiguar (B) no período de avaliação.....12
- Figura 3.** Máxima eficiência quântica do FSII (F_v/F_m) em *Zea mays* submetidos aos tratamentos com Silicato de Potássio, Cloreto de Cálcio e testemunha (sem aplicação), em função do estresse provocado pelo o ataque de *Spodoptera frugiperda*.....15
- Figura 4.** Avaliação da Condutância Estomática (CE) (A); Taxa Fotossintética (TF) (B) e Transpiração (T) (C), em milho sob a aplicação de Silicato de Potássio, Cloreto de Cálcio e testemunha. Valores seguidos com a mesma letra minúscula não diferiram entre si nos cultivares, e com a mesma letra maiúscula não diferem entre si entre os tratamentos de cada cultivar pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....16

OLIVEIRA, G. M. **INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA EM CULTIVARES DE *Zea mays* L. A *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae).** Areia, PB, 2017. 28 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Agronomia, Universidade Federal da Paraíba.

RESUMO

O milho *Zea mays* L. é um dos principais cereais cultivados no mundo. Apesar do Brasil ser um dos maiores produtores do mundo, ainda enfrenta sérios problemas e limitações no cultivo, principalmente em função do ataque de insetos praga, dentre os principais a lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda*. O objetivo deste trabalho foi avaliar a indução de resistência em cultivares de milho em decorrência a aplicação de fontes de Silício e Cálcio na infestação da lagarta *S. frugiperda*. O experimento foi conduzido na fazenda experimental Chã de Jardim, pertencente ao CCA-UFPB, localizado no município de Areia-PB. Foram utilizados dois cultivares de milho *Zea mays*, sendo o Híbrido AG1051 (Monsanto®) e a variedade Potiguar EMPARN®. Estes cultivares foram submetidos a dois tratamentos de adubações foliares, Cloreto de cálcio e Silicato de potássio, e um tratamento controle. As avaliações dos danos ocasionados por *S. frugiperda* foram realizadas semanalmente, a partir do sétimo dia após a primeira aplicação dos produtos (Si e Ca). Na fase de pendimento do milho (VT), foram realizadas avaliações de trocas gasosas e eficiência fotossintética das folhas. A Fluorescência da Clorofila *a*, foi determinada. Os dados de probabilidade de danos foram submetidos à análise de distribuição multinomial. O percentual de infestação e os resultados relacionados com as trocas gasosas foram submetido a análise de variância, sendo as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Para cultivar Potiguar, houve predominância de plantas que não apresentaram nenhum tipo de dano. O cultivar Potiguar apresentou as menores médias de infestação por *S. frugiperda*, independente do produto aplicado. Não observaram-se diferenças estatísticas entre os produtos aplicados entre cada cultivares. Os dados da máxima eficiência quântica do FSII (F_v/F_m) não foram significativos estatisticamente para os cultivares nem para a interação cultivares x tratamentos. Para a CE constatou-se diferença estatística entre os cultivares. No Potiguar obteve-se resultados superiores em relação ao AG 1051. A variável TF não apresentou diferença estatística entre os cultivares avaliados. Observou-se comportamentos diferentes na T entre os cultivares, no Potiguar quando submetido a aplicação de silício e na testemunha, obteve-se uma maior transpiração comparando-se ao cultivar AG 1051. Quanto aos parâmetros fisiológicos de CI, DP, EFUA e na EC, não observou-se diferenças significativas entre os cultivares avaliados, nem sobre os tratamentos avaliados. As fontes de Silício e Cálcio não promovem a indução de resistência à *S. frugiperda* no milho Híbrido AG 1051 e na variedade Potiguar. A variedade Potiguar de *Zea mays* sofre menor injúria pela infestação de *Spodoptera frugiperda* em relação ao milho Híbrido AG 1051.

Palavras-chave: controle, lagarta-do-cartucho, milho

OLIVEIRA, G. M. **INDUCTION OF RESISTANCE IN CULTIVARS OF *Zea mays* L. *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae).** Areia, PB, 2017. 28 p. Course Completion Work (Graduation) - Agronomy Course. Graduation in Agronomy. Federal University of Paraiba.

ABSTRACT

Zea mays L. maize is one of the world's major cereals. Although Brazil is one of the largest producers in the world, it still faces serious problems and limitations in cultivation, mainly due to the insect pest attack, among the principals of the carcass caterpillar *Spodoptera frugiperda*. The objective of this work was to evaluate the induction of resistance in maize cultivars after the application of Silicon and Calcium sources in the infestation of the *S. frugiperda* caterpillar. The experiment was conducted at the Chã de Jardim experimental farm, belonging to the CCA-UFPB, located in the city of Areia-PB. Two cultivars of *Zea mays* maize were used: Hybrid AG1051 (Monsanto®) and cultivar Potiguar EMPARN®. These cultivars were submitted to two treatments of foliar fertilization, calcium chloride and potassium silicate, and a control treatment. The evaluations of the damages caused by *S. frugiperda* were carried out weekly, from the seventh day after the first application of the products (Si and Ca). In the maize (VT) phase, the gas exchange and photosynthetic efficiency of the leaves were evaluated. Fluorescence of Chlorophyll a, was determined. Damage probability data were submitted to multinomial distribution analysis. The percentage of infestation and data related to the gas exchange were submitted to analysis of variance, and the means of the treatments were compared by the Tukey test, at a probability of 5%. For the genotype Potiguar, there were predominant plants that did not present any type of damage. The Potiguar genotype showed the lowest means of infestation by *S. frugiperda*, regardless of the product applied. There were no statistical differences between the products applied between each genotype. The data of maximum quantum efficiency of FSII (FV / FM) were not statistically significant for the cultivars nor for the interaction cultivars x treatments. For the EC, a statistical difference between cultivars was found. In the Potiguar, higher results were obtained in relation to GA 1051. The variable TF did not present statistical difference between the evaluated cultivars. Different behaviors in T between cultivars were observed in Potiguar when submitted to silicon application and in the control, greater transpiration was obtained when compared to genotype AG 1051. Regarding the physiological parameters of IC, DP, EFUA and EC, no significant differences were observed between the evaluated cultivars and the evaluated treatments. The Potiguar variety of *Zea mays* suffered less injury from the infestation of *S. frugiperda* compared to the Hybrid AG 1051. The sources of Silicon and Calcium did not promote the induction of resistance to *S. frugiperda* in the maize cultivars evaluated.

Key words: control, carcass caterpillar, corn

1. INTRODUÇÃO

O milho *Zea mays* L. é um dos principais cereais cultivados no mundo tendo como maiores produtores mundiais os Estados Unidos, China e Brasil. No ranking de exportação o Brasil ocupa a segunda posição (USDA, 2017), sendo o Centro Oeste e Sul as principais regiões produtoras desse cereal (CONAB, 2017).

Apesar do país ser destaque na produção mundial, ainda apresenta limitações no cultivo, o que implica em baixa produtividade principalmente em função do ataque de insetos praga. Dentre o complexo de insetos que infestam a cultura do milho a lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) é a principal espécie causadora de danos, e representa um elevado custo de controle anualmente (NAGOSHI et al., 2007; FERREIRA FILHO et al., 2010).

A lagarta do cartucho torna-se importante praga dessa cultura, tanto pela redução da produtividade quanto pela diminuição da qualidade do produto final, além da dificuldade de controle (NEBO et al., 2010). As consideráveis perdas econômicas causadas por essa praga faz com que os produtores intensifiquem o uso de inseticidas químicos e consequentemente levem ao desenvolvimento da resistência a muitos grupos de inseticidas, tornando o seu controle ainda mais difícil (CARVALHO et al., 2013).

Diferentes métodos de controle são utilizados para redução populacional da *S. frugiperda* como por exemplo, as táticas culturais, químicas e biológicas (CRUZ e WAQUIL, 2001), no entanto a resistência de plantas está entre os métodos mais promissores, podendo proporcionar alterações no comportamento, fisiologia ou biologia dos insetos fitófagos ou apenas maior capacidade de suportar seus ataques (BOIÇA JÚNIOR et al., 2013). A resistência de plantas também é facilmente incorporado ao manejo integrado de pragas, porque mantém a população de pragas abaixo do nível de dano econômico, sem desequilíbrio ao ambiente, apresenta efeito cumulativo e persistente além do menor custo de produção (LARA, 1991).

Devido às diferentes características bioquímicas, morfológicas e fisiológicas entres os genótipos de uma mesma espécie, faz-se com que algumas plantas sofram maior ou menor impacto de fitofagia (FARIAS et al., 2014; GORDY et al., 2015). Contudo, há uma variação na eficiência das estruturas morfológicas de defesa dependendo da espécie, órgão ou fenologia da planta (BOIÇA JÚNIOR et al., 2016).

A resistência de plantas à pragas também pode ser obtida por indução, que é uma manifestação temporária, onde uma planta torna-se menos favorável ao ataque do inseto

devido a uma determinada condição que afeta sua fisiologia (LARA, 1991). Dentre as várias técnicas de indução, os fertilizantes tem sido bastante utilizados, principalmente os micro e macronutrientes.

O Silício (Si) é considerado um elemento benéfico para as plantas (IPNI, 2015), atua no reforço da parede celular por deposição de sílica sólida, tornando a planta mais rígida, com melhor crescimento e rendimento, por suprimir doenças e conferir características de resistência a insetos (HECKMAN, 2013; LIANG et al., 2015). O cálcio (Ca) é um macronutriente que está envolvido em um grande número de vias de sinalização nos vegetais, desde interações simbióticas, respostas de defesa e a diversos hormônios, funcionando como um mensageiro secundário em resposta a sinais bióticos e abióticos (TAIZ et al., 2017). Segundo Firmino et al. (2006) o cálcio participa da biossíntese de lignina, o que favorece a autodefesa da planta, podendo ser utilizado como indutor de resistência a pragas.

Outros fatores biomorfológicos também estão associados à defesa das plantas com relação a infestação por insetos. Como consequência do estresse provocado pela injúria de pragas, há reduções nos parâmetros fisiológicos como a taxa fotossintética, a transpiração e a condutância estomática (FLORENTINE et al., 2005; GARCIA et al., 2010; MOORE et al., 2010). Para tanto, a análise de trocas gasosas e fluorescência da clorofila “a” são capazes de detectar com segurança e confiabilidade efeitos de estresse e injúrias no processo fotossintético causados por fatores bióticos ou abióticos (YUSUF et al. 2010). Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a indução de resistência em cultivares de milho em decorrência da aplicação de fontes de Silício e Cálcio na infestação da lagarta *Spodoptera frugiperda*.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Caracterização e Importância Socioeconômica do Milho

A cultura do milho, por seu potencial produtivo, composição química, valor nutritivo e multiplicidade de aplicações, seja na alimentação humana ou animal, representa um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos, exercendo relevante papel socioeconômico e constituindo matéria prima indispensável, capaz de impulsionar os mais diversos setores da agricultura (CARVALHO et al., 2013). Apresenta importância também devido ao seu rendimento em grãos, valor nutritivo, além da produção de forragem, sendo deste modo, um dos insumos mais produzidos na cadeia agrícola do Brasil (SOUZA et al., 2012; CUSTÓDIO et al., 2016). A possível explicação para a produção mundial crescente nos últimos anos é que

a semeadura está acontecendo em praticamente o ano todo e em diferentes condições ambientais (LIMA et al., 2008).

O milho tem apresentado incremento de produtividade no Brasil, com 77,5 milhões de toneladas na safra de 2015/2016, sendo superado apenas pelos Estados Unidos e China, com 345,5 e 224,6 milhões de toneladas, respectivamente (USDA, 2017). Também é o segundo grão mais produzido no Brasil, com estimativa de 97,1 milhões de toneladas, perdendo apenas para a cultura da soja com estimativa de 114,0 milhões de toneladas para safra 16/17 (CONAB, 2017).

O rendimento de uma lavoura de milho é resultado do potencial genético da semente, das condições edafoclimáticas da região e manejo da lavoura. Consequentemente, a escolha correta da semente pode ser a razão de sucesso ou insucesso da lavoura, os aspectos a serem considerados são os seguintes: adaptação às condições edafoclimáticas de cada região, aceitação comercial do tipo de grão pelo mercado consumidor, principalmente quanto à cor e textura do grão, potencial de rendimento de grãos e resistência ou tolerância às principais pragas e doenças que ocorrem na região. São cultivadas variedades crioulas, híbridos convencionais e cultivares transgênicas (CRUZ, 2002).

O milho denominado crioulo apresenta uma grande variabilidade genética e alta rusticidade e não apresenta nenhuma modificação genética induzida. Em condições que se empregam baixas tecnologias de cultivo, variedades convencionais podem apresentar desempenho próximo ou mesmo inferior às variedades crioulas. Além disso, o uso de variedades locais possui diversas outras vantagens ligadas à sustentabilidade e podem ter as sementes armazenadas para as safras seguintes, o que diminui o custo de produção. Segundo Abreu et al. (2007), o uso das variedades crioulas, constitui numa alternativa para a sustentabilidade dos pequenos agricultores. Além disso, o melhoramento destas variedades pode ser feito nas propriedades pelos próprios agricultores que detém alto conhecimento destes materiais (PÍPOLO et al., 2010).

2.2 Biologia, Danos e Controle de *Spodoptera frugiperda*

As espécies do gênero *Spodoptera* estão amplamente distribuídas no mundo, e das 30 espécies descritas, por volta de 15 são consideradas pragas de várias culturas de importância econômica, alimentando-se de importantes culturas como milho, soja e arroz (ZENKER et al., 2007). Dentre elas, *S. frugiperda* tem maior relevância por se alimentar em mais de 180 espécies de plantas, incluindo o algodoeiro, milho e soja (CASMUZ et al., 2010), além de utilizar hospedeiros alternativos para se manter nos agroecossistemas (BARROS et al., 2010).

A lagarta do cartucho é um inseto que apresenta metamorfose completa, caracterizando-se por apresentar hábitos noturnos. O inseto adulto é uma mariposa que mede cerca de 35 mm de envergadura, com asas anteriores pardo-escuras e as posteriores apresentando-se branco-acinzentadas. Seu ciclo de vida é em média, completado em 30 dias em condições controladas, sua postura é feita normalmente nas folhas, depositados geralmente em número de 100 a 200 ovos em média, e a fase de pupa ocorre no solo (VALICENTE e TUELHER, 2009). Após a eclosão, as lagartas alimentam-se raspando o limbo foliar e, posteriormente, dispersam para o cartucho da planta, onde se alimentam perfurando as folhas jovens até completarem a fase larval. As lagartas neonatas produzem um fio de seda deixando-se pendurar por ele, o que com a ajuda dos ventos, sua dispersão é facilitada para as plantas vizinhas, fenômeno este conhecido por balonismo (ZALUCKI et al. 2002, MOORE e HANKS 2004).

As lagartas alojadas no cartucho das plantas de milho em contato, usualmente a partir do terceiro ínstar, resulta em comportamento de competição, chegando a existir canibalismo, reduzindo o número de indivíduos por planta, podendo acarretar o desenvolvimento de apenas uma lagarta por cartucho/planta. Prestes a empupar, a lagarta abandona o cartucho e desce para formar a pupa no solo próximo a base da planta. Em condições de laboratório e sob temperatura média de 25°C, o período de incubação de ovos dura em torno de três dias, podendo ocorrer variações (ROSA et al., 2012). Já a duração média da fase larval da *S. frugiperda*, em temperatura de 25°C, é de aproximadamente 22 dias, com um desenvolvimento de seis ínstaes. Enquanto a fase de pupa pode apresentar duração entre 6 a 17 dias, todos estes aspectos biológicos podem variar em função da alimentação e temperatura (MIRANDA et al., 2010).

Estima-se que a larva do inseto cause perdas de 15 a 76% na produção de grãos (FIGUEIREDO; MARTINS-DIAS e CRUZ, 2006), e que 25% dos prejuízos causados por pragas no milho no Brasil são provocados por lagarta-do-cartucho (WAQUIL e VILELA, 2003). Em estudo de custos, somente com inseticida para controle de *S. frugiperda* na safra (verão) de 2009, o valor gasto foi superior a 758 milhões de reais, e na safrinha de R\$ 444 milhões. Considerando que menos da metade dos estados produtores plantaram o grão na safrinha, o valor total superou R\$ 1,2 bilhão/ano (FERREIRA FILHO et al., 2010).

O controle desta praga é feito tradicionalmente através de inseticidas químicos, sendo realizadas até 14 aplicações na cultura do milho no Brasil (VALICENTE e TUELHER, 2009). Na maioria das vezes essas aplicações são tardias, quando a população está acima do nível de

controle, as quais nem sempre são eficientes, podendo acarretar diversos problemas ao homem ao meio ambiente. A magnitude dos prejuízos causados pela *S. frugiperda* tem contribuído para o desenvolvimento de métodos alternativos como a utilização de controle biológico (CORREIA et al., 2012), plantas resistentes (LOURENÇÃO e FERNANDES, 2013), plantas com ação inseticida (OLIVEIRA et al., 2007; MAZZONETTO et al., 2013) e o uso de indutores de resistências (WAR et al., 2014).

2.3. Resistência de Plantas a Insetos

Painter (1968) define a resistência de plantas a insetos como a soma relativa de qualidades hereditárias possuídas pela planta a qual influencia o resultado do grau de dano que o inseto causa, o que representa a capacidade que possuem certas plantas de alcançarem maior produção de boa qualidade, do que outras cultivares, em geral, em igualdade de condições, sendo portanto uma característica genética. O mesmo autor ao estudar o mecanismo de reação da planta frente ao ataque dos insetos verificou que a reação da planta ao ser atacada pelo inseto pode implicar em alterações no seu comportamento ou biologia ou pode ocorrer uma reação da planta que não afete o inseto em nenhum aspecto.

A resposta da planta resistente a insetos pode ser de três tipos: não-preferencia, antibiose e tolerância. No entanto, em certas condições, algumas plantas são pouco danificadas, embora não possuam características genéticas de resistência. A essas condições denomina-se pseudoresistência, onde se pode citar três tipos básicos: evasão hospedeira, escape e resistência induzida (LARA, 2000; CHRISPIM e RAMOS, 2007).

Boiça Júnior (2016) dividiu as características de defesa em mecanismos de natureza física, morfológica e química. O mesmo descrevendo as características físicas da resistência de plantas como basicamente as variações de coloração de suas estruturas, podendo influenciar positivo ou negativamente no comportamento e nas interações planta-inseto. Considera também a defesa morfológica, qualquer variação estrutural da planta que afete negativamente os insetos, causando interferência na sua capacidade em tolerar o ataque de pragas e compensar injúrias em suas estruturas. Na química se utilizam de uma série de compostos químicos sintetizados através do metabolismo secundário como defesa a estresses, atuando contra o ataque de insetos, desempenhando ação repelente, deterrente e/ou antibiótica. Os principais compostos sendo: os terpenoides, os nitrogenados, os fenólicos e as proteínas de defesa.

2.4. Resistência Induzida de Plantas a Insetos

A resistência induzida refere-se a uma manifestação temporária da resistência, sendo o resultado de condições especiais da planta ou do ambiente, como, a variação na quantidade de água de irrigação, fertilidade do solo, uso de inseticidas, entre outros, onde a medida que estas são interrompidas, a planta retorna à condição de suscetibilidade (CHRISPIM e RAMOS, 2007).

A indução de resistência é uma alternativa viável, sendo uma prática de manejo que pode ser efetuada através de aplicadores de indutores bióticos e abióticos. Este corresponde ao aumento da capacidade defensiva contra patógenos e insetos pragas, adquiridos após um estímulo apropriado. Para que ocorra este processo é preciso um elícitor, ou seja, um agente capaz de induzir respostas de defesas nas plantas, desde modificações celulares, fisiológicas e morfológicas até ativação de transcrição dos genes que codificam as respostas de defesa, sem alteração do genoma da planta (DIXON et al., 1994).

A indução de resistência de plantas utilizando-se produtos abióticos pode se tornar uma alternativa viável no manejo de organismos praga. A defesa induzida nas plantas deve-se a formação de barreiras mecânicas e ou pela alteração das respostas bioquímicas da planta ao ataque de herbívoros, aumentando a síntese de toxinas que podem agir como substâncias inibidoras ou repelentes (DANNON e WYDRA, 2004; STARGARLIN et al., 2011).

Segundo Hoffmann-Campo (2012) a resistência induzida é desenvolvida via mecanismos de proteção ativados durante o contato com o inseto praga e está vinculada à síntese de proteínas, as quais atuam como toxinas, ou como interruptores do metabolismo da praga. A resistência uma vez ativada, confere proteção inespecífica, caracterizada não somente pelos diferentes indutores que podem ser utilizados, como pelo amplo espectro de patógenos ou insetos contra os quais a planta fica protegida (STICHER et al., 1997).

Podem ocorrer pseudoresistências em plantas a determinados insetos, de maneira temporária, provocada por formas de cultivo, adubações, e também por diferentes condições ambientais. A resistência induzida por tipos de adubações e seu equilíbrio de nutrientes, é uma modalidade da pseudoresistência, e, na qual a planta se torna menos adequada ao inseto devido a uma condição especial (WAR et al., 2012).

O silício (Si) é usado atualmente em estudos voltados para indução de resistência das plantas contra os herbívoros. Estudos tem demonstrado que plantas adubadas com silício têm apresentado resistência a insetos mastigadores (GOUSSAIN et al., 2002; KVEDARAS et al. 2009; ASSIS et al. 2013) e sugadores (GOMES et al. 2008; COSTA et al. 2009;

KORNDORFER et al. 2011). Os efeitos positivos do tratamento com Si são evidentes como na redução no número de *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852)(COSTA et al., 2011), aumento da mortalidade de larvas de *S. frugiperda* em milho (GOUSSAIN et al., 2002), além da redução palatabilidade de batata para *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) nas folhas e tubérculos (ASSIS et al., 2011).

Defesas induzidas nas plantas após a herbivoria ocorrem em diferentes caminhos de transdução de sinal. A sinalização de Ca^{2+} são as iniciais na interação inseto-planta, onde o Ca^{2+} atua como um segundo mensageiro que, por sua vez, medeia uma série de vias de ignição da planta (MAFFEI et al., 2007). Uma vez que as Proteínas Cinases Dependentes de Cálcio (CDPK), são envolvidas regularmente na transdução de sinal de diversas causas de estresses bióticos e abióticos, seu envolvimento como proteína ativa envolvida nas respostas a danos por herbívoros não podem ser excluídas (LUDWIG et al., 2004). Nas interações planta-patógeno, um transiente influxo de Ca^{2+} ocorre principalmente no citosol, e na omissão desse do meio extracelular, com aplicação dos inibidores dos canais Ca^{2+} , inibiram a resposta de defesa de plantas (NÜRNBERGER et al., 1997).

2.5 Interações de insetos na fisiologia de plantas

As interações mais estudadas de estresses podem ser aquelas referentes a diferentes estresses abióticos com estresses bióticos, como pragas ou patógenos. Em sua maioria, a exposição prolongada às condições de estresses abióticos, se reflete no enfraquecimento das defesas vegetais e no aumento da suscetibilidade a pragas ou patógenos (TAIZ et al., 2017).

Estudos ecológicos, fisiológicos e bioquímicos em plantas revelaram uma vasta plasticidade dessas, em respostas ao ataque de herbívoros, classificando-as em: defesa indireta, em que sinais químicos, esses sendo voláteis, são liberados para recrutar inimigos naturais para controlar os herbívoros presentes; defesa direta, onde a planta produz compostos tóxicos ou antinutritivos, os quais tem impacto imediato sobre o herbívoro; e a tolerância, que representa a capacidade da planta crescer, desenvolver e produzir satisfatoriamente mesmo com um determinado nível de infestação do herbívoro (Kerchev et al. 2012).

Entre os processos fisiológicos da planta hospedeira alterados por pragas ou mesmo necroses foliares provocadas por insetos ou fatores abióticos, destacam-se a taxa fotossintética, a taxa de respiração no escuro e a resistência do mesófilo e dos estômatos a difusão de CO_2 (BASSANEZI, 2000).

Das poucas generalizações que podem ser feitas com respeito a maneira pela qual as pragas e doenças afetam a fotossíntese, pode se dizer que a maioria das interações planta-insetos, a taxa fotossintéticas líquidas e brutas diminuem com o progresso da infestação, sendo que ocorre um aumento na fluorescência da clorofila, com consequente aumento da absorção de calor, maior respiração e maior transpiração (NEVES, 2004).

A análise da fluorescência da clorofila “a” é capaz de detectar com segurança e confiabilidade efeitos de estresse e injúrias no processo fotossintético causados por fatores bióticos ou abióticos. As mudanças na cinética de emissão de fluorescência da clorofila “a” a partir de organismos fotossintéticos, são resultados de frequentes modificações na atividade fotossintética, principalmente com relação a eficiência quântica do transporte de elétrons através do FSII em folhas (YUSUF et al. 2010, BAKER e ROSENQVIST, 2004). Uma das principais variáveis observadas da fluorescência da clorofila “a” são: fluorescência inicial (F_o), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v), máximo rendimento quântico do FSII (F_v/F_m). As variáveis de trocas gasosas são: taxa fotossintética líquida (A), condutância estomática (g_s), concentração de CO_2 interno (C_i) e transpiração (E) (CHAVES, 2015).

Segundo Rousseau et al. (2013) dentre os diversos parâmetros de fluorescência da clorofila que podem ser medidos, o máximo rendimento quântico fotoquímico do FSII (F_v/F_m), frequentemente avaliado pela máxima taxa de fluorescência da clorofila “a”, tem sido amplamente utilizado para comparar tecidos saudáveis e danificados devido a fatores bióticos.

Segundo Bilgin et al. (2010), apesar da planta possuir uma série de alterações fisiológicas para compensar o ataque dos insetos, na maioria dos casos as respostas de defesa da planta estão associadas com a redução na taxa fotossintética. Genótipos de plantas que são capazes de manter a taxa fotossintética quando expostas ao ataque do inseto, muitas vezes apresentam uma maior tolerância a estes (KERCHEV et al., 2012). A ligação que pode ter entre a fotossíntese e a defesa, é ilustrada pela observação de que silenciar a expressão de genes das duas proteínas fotossintéticas centrais, ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase / oxigenase (Rubisco) e Rubisco activase, afetou a resistência a herbívoros em *Nicotiana attenuata* (GIRI et al. 2006; MITRA e BALDWIN 2008).

Lemos Filho et al., (2007), Admitiram que independentemente da causa, a redução na condutância estomática em partes da folha devido ao ataque de insetos galhadores, apesar de aparentemente não resultar em danos ao PSII, pode resultar em diminuição na assimilação do

CO₂ e, dessa forma pode influenciar negativamente no crescimento das plantas. Com o fechamento estomático ocorre a diminuição da concentração interna de gás carbônico, comprometendo a atividade da Rubisco, pela baixa concentração de substrato, refletindo em menor fotossíntese, sendo essa redução causada pela limitação estomática (SOUZA et al., 2013).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na fazenda experimental Chã de Jardim, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), localizado no município de Areia-PB. De acordo com Peel et al. (2007), o clima da região é classificado como tropical úmido, apresentando média de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação de 23°C, 80% e 1.400 mm anuais, respectivamente. Os dados de precipitação, temperatura e umidade relativa durante o período experimental foram expressados na figura 1. O solo é classificado como Latossolo Amarelo, segundo a EMBRAPA (2006).

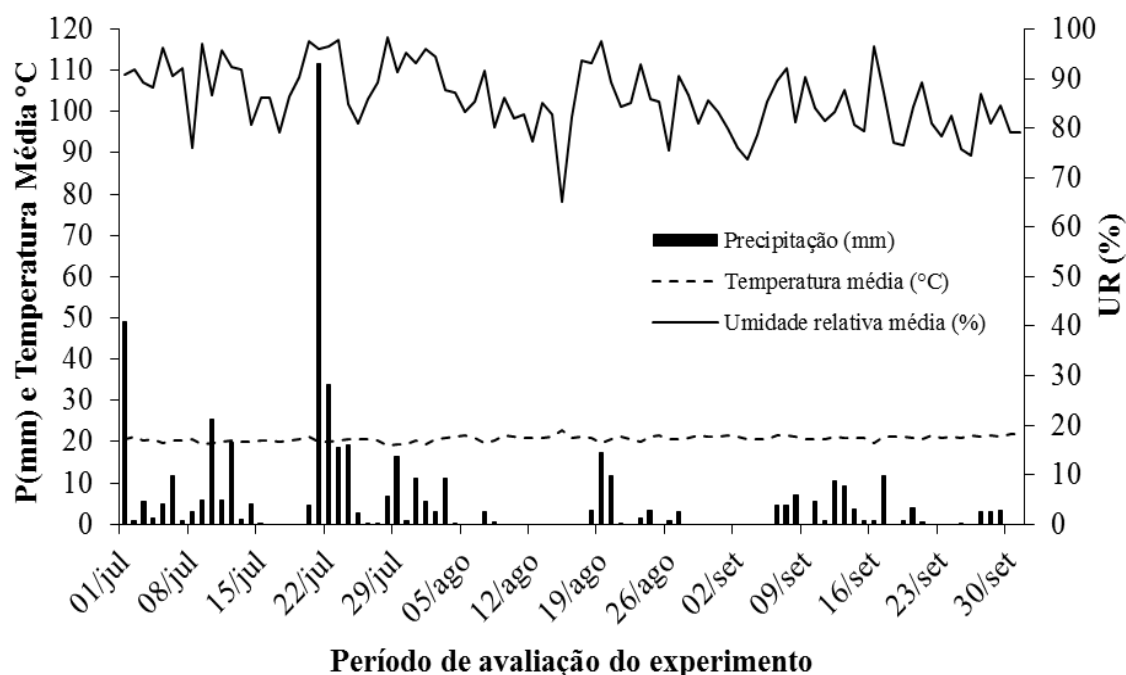


Figura 1. Dados de precipitação, temperatura e umidade relativa semanais, provenientes da estação meteorológica convencional do município de Areia-PB, durante o período experimental.

Foi utilizado o milho Híbrido AG1051 (Monsanto®) e a variedade Potiguar, melhorada pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Rio Grande do Norte-EMPARN®. Estes materiais foram submetidos a dois tratamentos de adubações foliares, sendo aplicados fontes comerciais de Cloreto de cálcio e Silicato de Potássio, e um tratamento controle. Foram efetuadas três

aplicações dos produtos na fase de crescimento vegetativo das cultivares de milho, especificamente nos estágios V3, V6 e V12, seguindo as recomendações de dosagens para cultura sugerida pelo fabricante de 2 L ha⁻¹. Os produtos foram aplicados sempre a partir da 16 horas da tarde, sendo horário mais recomendado para redução de perdas, e manualmente através de pulverizador costal de 20 litros de capacidade.

As parcelas foram constituídas por quatro fileiras de 5 m de comprimento, onde após o preparo do solo mecanicamente com uma gradagem, foram abertos sulcos e realizado o semeio manuais, sendo consentido um espaçamento de 0,50 m entre linhas e 0,20 m entre plantas, totalizando 100 plantas por parcela e um adensamento de 100.000 plantas/há. A área útil da parcela foi constituída pelas duas fileiras centrais, desprezando-se 0,5 m da bordadura. Foi realizada a correção nutricional, com adubação de macronutrientes na fundação e cobertura, e da acidez do solo, com aplicação calcário dolomítico, de acordo com resultados da análise química do solo. O controle de plantas daninhas foi realizado com capinas manuais.

3.1 Avaliação dos danos e infestação de *Spodoptera frugiperda*

As avaliações dos danos ocasionados por *S. frugiperda* foram realizadas semanalmente, a partir do sétimo dia após a primeira aplicação dos produtos (Si e Ca), com isso realizadas aos 7, 14, 21, 35 e 42 dias, finalizando-se no início do florescimento. Foram selecionadas ao acaso 10 plantas por parcela, atribuindo-se visualmente notas individuais com variação entre 0 e 5 (Tabela 1), proposta por Carvalho (1970).

Tabela 1. Escala de notas de danos causados por *Spodoptera frugiperda* em plantas de *Zea mays* (CARVALHO, 1970).

| Notas | Descrição do dano |
|-------|--------------------|
| 0 | Ausência de danos |
| 1 | Folhas raspadas |
| 2 | Folhas furadas |
| 3 | Folhas rasgadas |
| 4 | Lesão no cartucho |
| 5 | Cartucho destruído |

Para avaliação do nível de infestação de *S. frugiperda*, foram utilizadas as duas fileiras centrais de cada parcela, relacionando-se o número de plantas atacadas pelo número total de plantas na linha de cultivo.

3.2 Avaliação de características fisiológicas

A Fluorescência da Clorofila *a*, foi determinada a partir de um fluorômetro portátil modelo OS-30p da Opti-Sciences[®]. As medições foram feitas em três plantas por parcela, entre 9 e 12 horas, a 2 cm da margem da folha, excluindo-se suas nervuras. Para tanto, uma folha por planta, selecionada aleatoriamente foi adaptada ao escuro com o uso de pinças, por aproximadamente 30 minutos. Foi avaliado o parâmetro de máximo rendimento quântico fotoquímico do FSII (Fv/Fm), frequentemente avaliado pela máxima taxa de fluorescência da clorofila “a”, que permite comparar tecidos saudáveis e danificados devido a fatores bióticos (ROUSSEAU et al. 2013).

Na fase de pendoamento do milho (VT), foram realizadas avaliações de trocas gasosas e eficiência fotossintética das folhas de milho, utilizando-se um Analisador de Gases no Infravermelho (IRGA), modelo LCpro-SD da BioScientific[®]. Foram utilizadas duas plantas por parcela no período da manhã, entre 9 e 11 horas, amostrando-se a primeira folha oposta e abaixo da espiga. Foram avaliados os seguintes parâmetros fotossintéticos: Transpiração (T), Concentração Interna de CO₂ na folha (CI), Condutância Estomática (CE) e Taxa Fotossintética (TF), Eficiência de carboxilação (EC), Déficit de Pressão (DP) e Eficiência do uso da água (EFUA).

3.3 Análise Estatística

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial (2x3x4), sendo dois cultivares de milho (Híbrido AG1051 e Variedade Potiguar), duas fontes de indução de resistência (Si e Ca) mais uma testemunha (sem aplicação), com quatro repetições por tratamento, totalizando 24 parcelas experimentais.

Os dados de probabilidade de danos foram submetidos à análise de distribuição multinomial. O percentual de infestação, dados relacionados com as trocas gasosas e os da fluorescência da clorofila *a* foram submetidos a análise de variância, sendo as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para avaliar tanto o efeito dos tratamentos como as diferenças de sensibilidade entre os cultivares aos referidos tratamentos, todos os fatores de variação foram processados por meio do SAS (CODY, 2015).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os danos foliares provocados por *Spodoptera frugiperda*, verificou-se em função dos períodos de avaliação (Figura 2A), que houve diferença estatística entre o Híbrido

AG1051 e variedade Potiguar (Figura 2B). Observou-se que no intervalo de 14 aos 42 dias, o híbrido foi o que apresentou maior probabilidade de ocorrência de nota 4, caracterizado pelo cartucho da planta parcialmente destruído, seguido de nota 3 que é a planta com sintomas de folha rasgada. Em contrapartida, notou-se que a partir da segunda avaliação (14 dias), a probabilidade de ocorrência de nota 0, plantas sem sintomas de ataque, foi diminuindo em função do tempo, isto caracteriza um aumento na intensidade do ataque da praga.

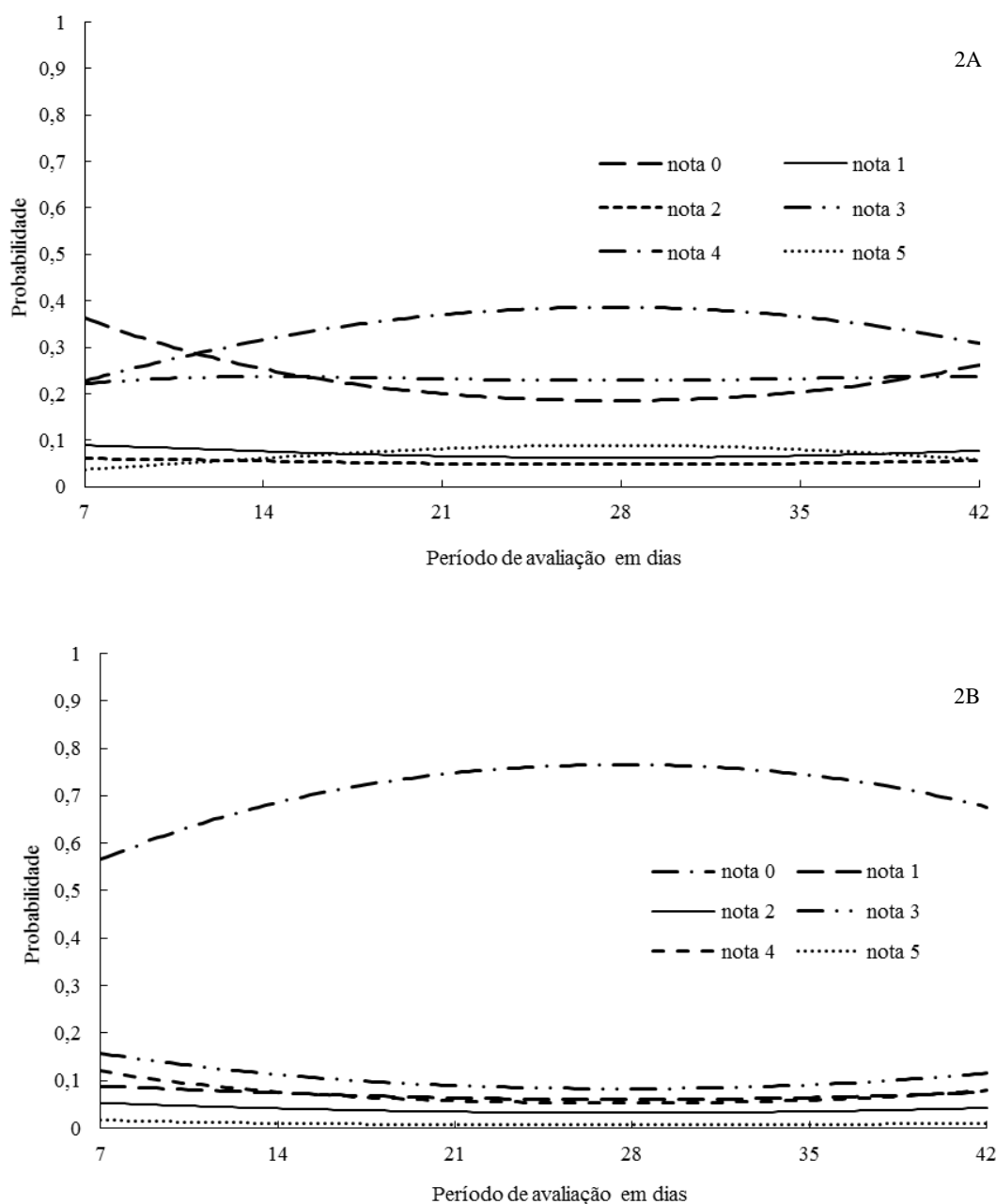


Figura 2. Danos causados por *Spodoptera frugiperda* sobre o Híbrido AG 1051 (A) e Variedade Potiguar (B) no período de avaliação.

Para a cultivar Potiguar, em todos os períodos de avaliação, houve predominância de plantas que não apresentaram nenhum tipo de dano, ou seja, teve-se uma maior probabilidade de ocorrência de nota 0 mostrando que a variedade Potiguar nas condições de estudo, teve maior grau de resistência do que o híbrido AG1051. Plantas pouco melhoradas podem apresentar altos níveis de resistências, porém tendem a ser menos produtivas, o que pode justificar o fato da variedade Potiguar ter apresentado maior número de plantas sem danos quando comparada com o híbrido AG1051. Agrawal et al. (2012) afirmaram que plantas melhoradas, como é o caso do híbrido AG1051, investem pouco de seus recursos em síntese de defesas contra o ataque de insetos praga, pois na maioria das vezes são manipuladas com o intuito de alcançarem alta produtividade.

Farias et al. (2014), ao avaliarem 15 genótipos de milho, sendo 9 crioulos e 6 híbridos (1 híbrido Bt), verificaram que 4 genótipos crioulos apresentaram resistência moderada a *S. frugiperda* em comparação aos demais genótipos avaliados, com base em observações visuais.

Há desempenhos diferentes entre cultivares de milho em relação ao ataque de *S. frugiperda*, Moraes et al. (2015), verificaram que maiores notas de danos foram observadas em híbridos quando comparados a sua versão isogênica transgênica. Toscano et al. (2016), ao estudarem diferentes genótipos de milho frente ao ataque de *S. frugiperda*, encontraram resultados semelhantes que corroboram a esta pesquisa, onde os híbridos sofreram um maior nível de ataque, quando comparado com a cultivar transgênica.

Quanto ao percentual de infestação, verificou-se diferença estatística entre os cultivares avaliados (Tabela 2). O cultivar Potiguar apresentou as menores médias de infestação por *S. frugiperda*, independente do produto aplicado, em relação ao Híbrido AG1051 em todos os períodos de avaliação. Sendo o maior percentual médio de infestação (76,0%) verificado aos 28 dias após a aplicação dos produtos para o Híbrido AG1051 enquanto a variedade Potiguar nesse mesmo período apresentou um percentual médio de infestação de 28,7%, o que significa uma diferença de 37,7% no percentual de infestação entre os dois cultivares. Essa diferença entre materiais também é encontrada em Boiça Júnior et al. (2001), em trabalho avaliando as respostas da adubação em diferentes genótipos de milho e o efeito sobre a infestação de *S. frugiperda*.

Tabela 2. Percentual de infestação de *Spodoptera frugiperda* em *Zea mays* submetidos a tratamentos com Silicato de Potássio e Cloreto de Cálcio em cinco períodos de avaliações, Areia, 2017.

| Cultivares | Tratamentos | Infestação (%) de <i>S. frugiperda</i> em cinco períodos de avaliação (dias) | | | | | μ |
|--------------------|-------------|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | 14 | 21 | 28 | 35 | 42 | |
| Híbrido AG1051 | Si | 79,8 Aa | 74,6 Bc | 76,0 Bb | 69,7 Bd | 54,9 Be | 71,0 A |
| | Ca | 77,8 Bb | 76,5 Ad | 83,4 Aa | 76,9 Ac | 60,0 Ae | 74,9 A |
| | Test | 67,07Cb | 59,7 Cc | 68,7 Ca | 46,0 Cd | 43,0 Ce | 56,9 A |
| μ | | 74,87 A | 70,3 A | 76,0 A | 64,2 A | 52,6 A | - |
| Variedade Potiguar | Si | 16,31 Fd | 15,2 Fc | 23,8 Fb | 40,2 Fa | 17,8 Fe | 22,7 A |
| | Ca | 19,20 Ed | 21,5 Ec | 29,1 Ea | 21,8 Eb | 18,0 Ee | 21,9 A |
| | Test | 24,30 Dd | 32,6 Db | 33,3 Da | 32,6 Dc | 23,6 De | 29,3 A |
| μ | | 19,93 B | 23,1 B | 28,7 B | 31,5 B | 19,8 B | - |

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. μ =Média de infestação

Não observaram-se diferenças estatística no percentual médio de infestação de *S. frugiperda* nas plantas em que os produtos (Si e Ca) foram aplicados (Tabela 2). Este resultado diferiu ao encontrado por Roel et al. (2017) em trabalho com adubação em milho, nesse indica que os tipos de fertilização possivelmente alteraram a resposta da planta a defesa, nesse trabalho as fontes de adubação foliar não alteraram nesse aspecto nenhum dos genótipos testados.

Com relação aos períodos de avaliação verificou-se uma tendência em reduzir o percentual de infestação no tempo em todos os tratamentos avaliados. Essa observação pode estar relacionada com a própria biologia do inseto, que após passada sua fase larval, em torno de 15 dias, esta deixa a planta para completar seu ciclo. A fenologia da planta pode ser outro fator que influencia na preferência da praga por tecidos mais jovens.

Os resultados da máxima eficiência quântica do FSII (F_v/F_m) não foram significativos estatisticamente para os cultivares nem para a interação cultivares x tratamentos (Si, Ca e testemunha) (Figura 3). Contudo, neste estudo, os resultados apresentados da relação F_v/F_m ficaram próximos do valor padrão para uma planta sem danos ao aparato fotossintético, que é um valor aproximado de 0,8 de acordo com Kalaji e Guo (2008).

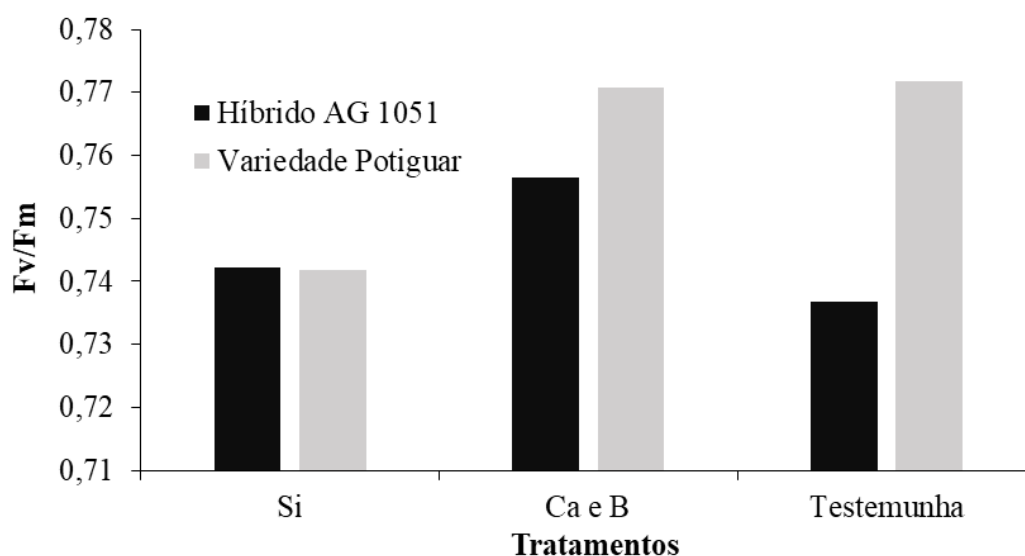


Figura 3. Máxima eficiência quântica do FSII (F_v/F_m) em *Zea mays* submetidos aos tratamentos com Silicato de Potássio, Cloreto de Cálcio e testemunha (sem aplicação), em função do estresse provocado pelo o ataque de *Spodoptera frugiperda*.

Chaves (2015) ao avaliar máximo rendimento quântico do FSII em genótipos de cana-de-açúcar infestadas por *Mahanarva fimbriolata* (Stal, 1854), constatou que os genótipos mais suscetíveis a este inseto-praga apresentaram redução do rendimento do FSII, igualmente ao resultado encontrado nessa pesquisa, onde notou-se que o híbrido AG1051, com maior ataque da lagarta do cartucho, foi o que obteve maior redução do rendimento quântico, caracterizando que a planta estava sobre estresse.

Golan et al. (2015), avaliando o impacto da infestação *Coccus hesperidum* (Linnaeus, 1758) em *Citrus limon*, verificaram que as as taxas de F_v/F_m foram afetadas significativamente quando o inseto passou a se alimentar da planta.

Para a condutância estomática (CE) constatou-se diferença estatística entre os cultivares. Na variedade Potiguar verificaram-se resultados superiores em relação ao Híbrido AG 1051, especificamente nos tratamentos com silício e na testemunha, promovendo ao híbrido uma restrição maior a abertura estomática. Além disso, o Potiguar mostrou-se diferente entre os tratamentos, apresentando uma menor condutância no tratamento com a aplicação de cálcio (Figura 4A). Segundo Chaves (2015), a planta limita a abertura estomática para evitar a perda de água, pois este é um elemento essencial para sua manutenção e está associado a diversos processos bioquímicos para a sobrevivência da planta. O mesmo autor aponta que o maior valor de condutância estomática pode estar relacionado a uma resposta do

genótipo resistente à infestação do inseto-praga, pois com a maior abertura estomática a planta tende a adquirir mais CO₂ para ser utilizado nos processos fotossintéticos.

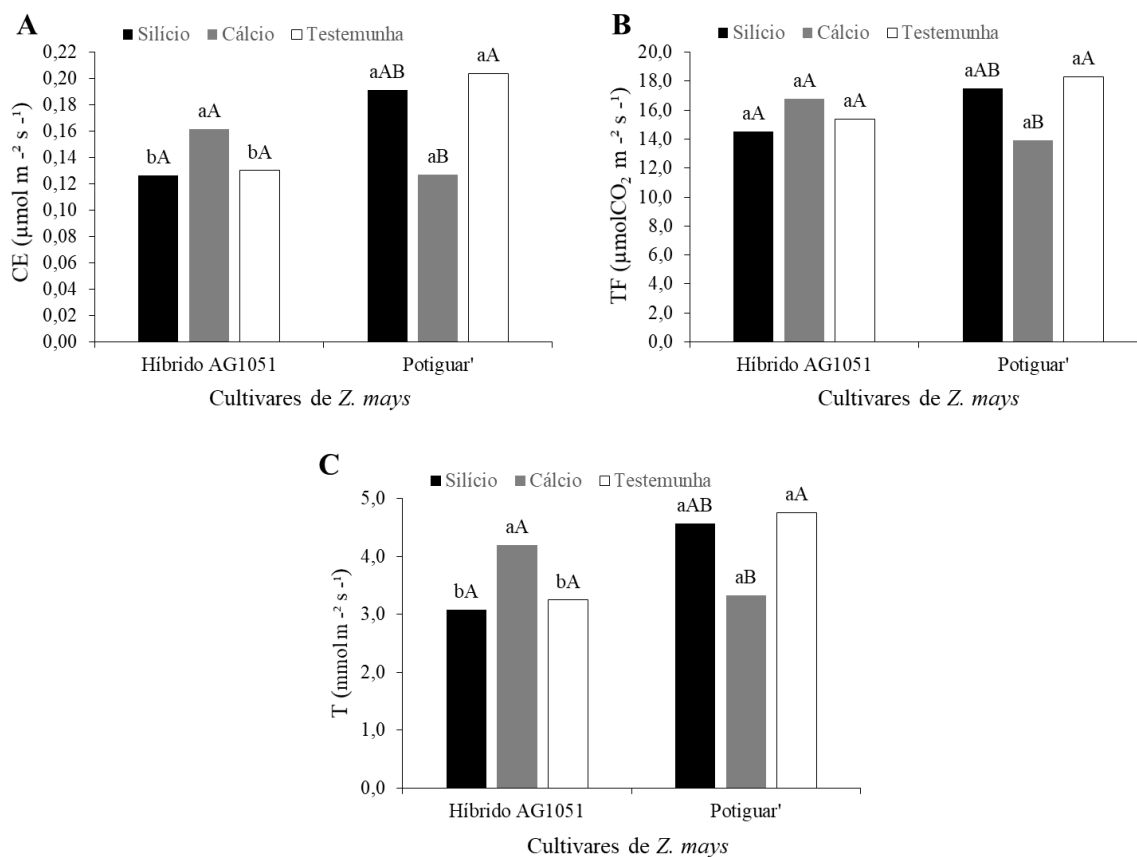


Figura 4. Avaliação da Condutância Estomática (CE) (A); Taxa Fotossintética (TF) (B) e Transpiração (T) (C), em milho sob a aplicação de Silicato de Potássio, Cloreto de Cálcio e testemunha. Valores seguidos com a mesma letra minúscula não diferiram entre si nos cultivares, e com a mesma letra maiúscula não diferem entre si entre os tratamentos de cada cultivar pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A variável taxa fotossintética (TF) não apresentou diferença estatística entre os cultivares avaliados. O resultado encontrado nesta pesquisa foi semelhante ao encontrado por Coelho (2013) avaliando a taxa fotossintética em milho convencional e transgênico. No entanto, os tratamentos aplicados no cultivar Potiguar se mostraram diferentes, onde se observou uma menor taxa fotossintética quando aplicado a fonte de cálcio (Figura 4B). Bilgin et al. (2010) afirmaram que para compensar o ataque dos insetos, na maioria dos casos as respostas de defesa da planta estão associadas com a redução na taxa fotossintética.

Observaram-se comportamentos diferentes na transpiração (T) entre os cultivares, no Potiguar quando submetido a aplicação de silício e na testemunha, obteve-se uma maior transpiração comparando-se ao cultivar AG 1051 (Figura 4C). Esta redução pode estar

relacionada aos resultados da condutância estomática (Figura 4A). Nunes e Ceccon (2011) afirmaram que a transpiração está relacionada à capacidade de reposição de água às folhas pelo sistema radicular e, conseqüentemente, à abertura estomática. No cultivar Potiguar constatou-se diferença significativa entre os tratamentos aplicados, sendo a transpiração inferior quando aplicado cálcio (Figura 4C). Este resultados difere ao encontrado por Silva e Bohnen (2003), em trabalho com a cultura do arroz, onde observou-se o aumento da transpiração sob a adubação com cálcio.

Em todas as variáveis fotossintéticas avaliadas (Figura 4) observou-se um padrão entre os resultados observados. Sendo a restrição estomática a explicação para baixa taxa fotossintética, ocasionando uma limitação da abertura estomática, se reduz a assimilação de CO², reduzindo assim a matéria-prima para a fotossíntese, afetando também a transpiração (CHAVES, 2015). Este resultado corrobora com o encontrado por este mesmo autor em cana-de-açúcar, sob ataque cigarrinha-das-raízes (*Mahanarva fimbriolata*).

Principalmente os resultados da condutância estomática e transpiração, se observaram valores reduzidos no híbrido AG1051 em relação ao Potiguar, estes podendo estar relacionados com os resultados de níveis de infestação (Tabela 2) e de danos provocados pela *S. frugiperda* (Figura 1), o inseto-praga neste, tendo ocasionado uma maior infestação e danos nas plantas, sendo este resultado semelhante ao descritos por Velikova et al. (2010), os quais descrevem que a taxa fotossintética, condutância estomática e a transpiração são reduzidas significativamente sob o ataque de inseto praga em trabalho realizado com as culturas do couve e feijão.

Quanto aos parâmetros fisiológicos de Concentração Interna de CO² (CI), Déficit de Pressão (DP), Eficiência do Uso de Água (EFUA) e na Eficiência de Carboxilação (EC), não foram observadas diferenças significativas entre os cultivares avaliados, nem sobre os tratamentos avaliados (Tabela 3). Este resultado pode estar relacionado ao igual manejo cultural e de disponibilidade de água fornecidos aos cultivares, possivelmente não sendo estes parâmetros sensíveis ou afetados pela presença de pragas. Esse resultado foi ao contrário aos encontrados por Pupatto (2003), em trabalho com arroz, onde a adubação foliar de silício realizada apenas uma vez na época da diferenciação floral, foi responsável pelas diferenças nas trocas gasosas e pelas alterações em alguns índices fisiológicos.

Tabela 3. Concentração Interna de CO² (CI), Déficit de Pressão (DP), Eficiência do Uso de Água (EFUA) e na Eficiência de Carboxilação (EC) em cultivares de milho sob a aplicação de silicato de potássio, cloreto de cálcio e testemunha, Areia, 2017.

| Cultivares | Parâmetros Avaliados | | | |
|--------------------|----------------------|---------|--------|---------|
| | CI | DP | EFUA | EC |
| AG 1051 | 72,52 a | 2,48 a | 4,57 a | 0,26 a |
| Potiguar | 68,37 a | 2,40 a | 4,36 a | 0,38 a |
| Tratamentos | | | | |
| Silício | 66,37 a | 2,327 a | 4,57 a | 0,329 a |
| Cálcio | 76,75 a | 2,528 a | 4,44 a | 0,219 a |
| Testemunha | 68,20 a | 2,461 a | 4,38 a | 0,408 a |
| C.V. (%) | 30,14 | 10,72 | 20,29 | 81,39 |

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5. CONCLUSÃO

As fontes de Silício e Cálcio não promovem a indução de resistência à *S. frugiperda* no milho Híbrido AG 1051 e na variedade Potiguar.

A variedade Potiguar de *Zea mays* sofre menor injúria pela infestação de *Spodoptera frugiperda* em relação ao milho Híbrido AG 1051.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, L.; CANSI, E.; JURIATTI, C. Avaliação do rendimento socioeconômico de variedades crioulas e híbridos comerciais de milho na microrregião de Chapecó. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Chapecó, v. 2, n. 1, p. 1230-1233, 2007.

AGRAWAL, A. A.; HASTINGS, A. P.; JOHNSON, M. T. J.; MARON, J. L.; SALMINEN, J. P. Insect herbivores drive real-time ecological and evolutionary change in plant populations. **Science**, Madison, v.338, n. 6103, p.113-116, 2012.

ASSIS, F. A.; MORAES, J. C.; NASCIMENTO, A. M.; FRANÇOSO, J. Effects of diatomaceous earth on *Diabrotica speciosa* (German, 1824) (Coleoptera: Chrysomelidae) in potato. **Ciência agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 3, p. 482-486, 2011.

ASSIS, F. A.; MORAES, J. C.; AUAD, A. M.; COELHO, M. The effects of foliar spray application of silicon on plant damage levels and components of larval biology of the pest

butterfly *Chlosyne lacinia saundersii* (Nymphalidae). **International Journal of Pest Management**, London, v. 59, p. 1-8, 2013.

BASSANEZI, R. B, Efeito de doenças foliares na eficiência fotossintética do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) como contribuição na avaliação de danos. 2000. 233f. **Tese de Doutorado**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

BARROS, E. M.; TORRES, J. B.; RUBERSON, J. R.; OLIVEIRA, M. D. Development of *Spodoptera frugiperda* on different hosts and damage to reproductive structures in cotton. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 137, n. 3, p. 237-245, 2010.

BAKER, N. R.; ROSENQVIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: An examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**. Oxford, v. 55, n. 403, p. 1607-1621, 2004.

BILGIN, D. D.; ZAVALA, J. A.; CLOUGH, S.J.; ORT, D. R. DELUCIA, E. H. Biotic stress globally downregulates photosynthesis genes. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 33, n. 10, p. 1597-1613, 2010.

BOIÇA JÚNIOR, A. L.; FERNANDES, E. B.; TOSCANO, L. C.; LARA, F. M. Influência de genótipos de milho, adubação e inseticida sobre a população e danos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) em duas épocas de semeadura. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1185-1190, 2001.

BOIÇA JÚNIOR, A. L.; SOUZA, B. H. S.; LOPES, G. S.; COSTA, E. N.; MORAES, R. F. O.; EDUARDO, W. I. Atualidades em resistência de plantas a insetos. In: BUSOLI, A. C.; ALENCAR, J. R. D. C. C.; FRAGA, D. F.; SOUZA, L. A.; SOUZA, B. H. S.; GRIGOLLI, J. F. J. (Org.) **Tópicos em entomologia agrícola – VI**. Jaboticabal - SP, p. 207-224, 2013.

BOIÇA JÚNIOR, A. L.; SOUZA, B. H. S.; RIBEIRO, Z. A.; EDUARDO, W. I.; NOGUEIRA, L.; DI BELLO, M. M. Resistência de plantas: explorando o potencial de defesa aos insetos. In: Castilho, R.C. (Org.). **Tópicos em Entomologia Agrícola IX**. Jaboticabal – SP, 2016, 223 p.

CARVALHO, D. O.; POZZA, E. A.; CASELA, C. R.; COSTA, R. V.; POZZA, A. A. A.; CARVALHO, C. O. Adubação nitrogenada e potássica na severidade da antracnose em dois cultivares de milho, **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 3, p. 380-387, 2013.

CARVALHO, R. A.; OMOTO, C.; FIELD, L. M.; WILLIAMSON, M. S.; BASS, C. Investigating the molecular mechanism of organophosphate and pyrethroid resistance in the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*. **Plos One**, San Francisco, v.8, n. 4, e62268, 2013.

CARVALHO, R. P. L. Danos, flutuação da população, controle e comportamento de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) e suscetibilidade de diferentes genótipos de milho, em condições de campo. 1970. 170f. **Tese de Doutorado**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1970.

CASMUZ, A.; JUÁREZ, M. L.; SOCÍAS, M. G.; MURÚA, M. G.; PRIETO, S.; MEDINA, S.; WILLINK, E.; GASTAMINZA, G. Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, Mendoza, v. 69, n. 3-4, p. 209-231, 2010.

CHAVES, V. V. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila “a” em genótipos de cana-de-açúcar infestados por cigarrinha-das-raízes *Mahanarva fimbriolata*. 2015. 33f. **Dissertação de Mestrado** - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

CHRISPIM, T. P.; RAMOS, J. M. Resistência de plantas a insetos, **Revista Científica Eletrônica de Engenharia**, Garça, v. 10, n. 2, 2007.

CODY, R. Na introduction to SAS, **University Edition**, Cary, N. C., Statical Analysis System Instituto, 2015. 366 p.

COELHO, H. A. Diferentes condições de estresse hídrico no desenvolvimento de milhos transgênico e convencional. 2013. 93f. **Dissertação de Mestrado** - Universidade Estadual Paulista, Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2013.

CONAB-Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos**, v. 4, n. 11, p. 1-171, 2017.

- CORREIA, M. B.; OLIVEIRA, N. C.; VALICENTE, F. H. Manejo da lagarta-do-cartucho na cultura do milho: aplicação de *Baculovirus spodoptera* isolado e associado com inseticida. **Campo Digital**, Campos Mourão, v. 7, n. 1, p. 59-67, 2012.
- COSTA, R. R.; MORAES, J. C.; COSTA, R. R. Interação silício imidacloprid no comportamento biológico e alimentar de *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de trigo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 2, p. 455-460, 2009.
- COSTA, R. R.; MORAES, J. C.; COSTA, R. R. Feeding behaviour of the greenbug *Schizaphis graminum* on wheat plants treated with imidacloprid and/or silicon. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 135, p.115-120, 2011.
- CRUZ, I.; WAQUIL, J. M. Pragas da cultura do milho para silagem. In: CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S.; FERREIRA, J. J. Produção e utilização de silagem de milho e sorgo. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**, p.141-207. 2001
- CRUZ, I. Cultivo do milho - Cultivares. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, **Circular Técnica**, **21**, 2002. 45p.
- CUSTÓDIO, C. J. S.; FERREIRA, J. O.; SANTOS, J. L. S.; CAMACHO, H. A. M.; ALBINO, J. L. D.; RODRIGUES, L. C. Fatores que contribuíram para o crescimento da produtividade do milho no Brasil. **Revista Univar**, Barra do Garças, v. 1, n. 15, p. 174-179, 2016.
- DANNON, E. A.; WYDRA, K. Interaction between silicone amendment, bacterial wilt development and phenotype of *Ralstonia solanacearum* in tomato genotypes. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, Amsterdã, v. 64, n. 5, p. 233-243, 2004.
- DIXON, R. A.; HARRISON, M. J.; LAMB, C. J. Early events in the activation of plant defense responses. **Annual Review of Phytopathology**, Saskatoon, v. 32, p. 479-501, 1994.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**, Brasília, 2006. 2. Ed., 306 p.
- FARIAS, C. A.; BREWER, M. J; ANDERSON, D. J; ODVODY, G. N; XU, W; SÉTAMOU, M. Native Maize Resistance to Corn Earworm, *Helicoverpa zea*, and Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda*, with Notes on Aflatoxin Content. **Society of Southwestern Entomologists**, Canyon, v. 39, n. 2, p. 411-426, 2014.

- FERREIRA FILHO, J. B. S.; ALVES, L. R. A.; GOTTARDO, L. C. B.; GEORGINO, M. Dimensionamento do custo econômico representado por *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho no Brasil. In: 48º CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, v. 48, 2010, Campo Grande, *Anais...*
- FIGUEIREDO, M. L. C.; MARTINS-DIAS, A. M. P.; CRUZ, I. Relação entre a lagarta do cartucho e seus agentes de controle biológico natural na produção de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 12, p. 1693-1698, 2006.
- FIRMINO, A.; ABREU, H. S.; PORTUGAL, A. C. P.; NASCIMENTO, A. M.; SOUZA, E. L.; PEREIRA, R. P. W.; MONTEIRO, M. B. O.; MAÊDA, J. M. Alterações ligno-anatômicas em *Solanum gilo* Raddi por aplicação de cálcio e boro como estratégia de defesa. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 30, n. 3, 2006.
- FLORENTINE, S. K.; RAMAN, A.; DHILEEPAN, K. Effects of gall induction by *Epiblema strenuana* on gas exchange, nutrients, and energetics in *Parthenium hysterophorus*. **BioControl**, Dordrecht, v. 50, p. 787–801, 2005.
- GARCIA, D. B.; RAVANELI, G. C.; MADALENO, L. L.; MUTTON, M. A.; MUTTON, M. J. R. Damages of spittlebug on sugarcane quality and fermentation process. **Scientia Agricola**, São Paulo, v. 67, n. 5, p. 555-561, 2010.
- GIRI A. P.; WUNSCH H.; MITRA S.; ZAVALA J. A.; MUCK A.; SVATOS A.; BALDWIN I. T. Molecular interactions between the specialist herbivore *Manduca sexta* (Lepidoptera, sphingidae) and its natural host *Nicotiana attenuata*. VII. Changes in the plant's proteome. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 142, p. 1621–1641, 2006.
- GOLAN, K.; RUBINOWSKA, K.; KMIEĆ, K.; KOT, I.; GÓRSKA-DRABIK, E.; LAGOWSKA, B. M. Impact of scale insect infestation on the content of photosynthetic pigments and chlorophyll fluorescence in two host plant species. **Arthropod Plant Interactions**. Dordrecht, v. 9, p. 55-65, 2015.
- GOMES, F. B.; MORAES, J. C.; SANTOS, C. D.; ANTUNES, C. S. Use of silicon as inductor of the resistance in potato to *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 37, p. 185-190, 2008.

GORDY, J. W.; LEONARD, B. R.; BLOUIN, D.; DAVIS, J. A.; STOUT, M. J. Comparative effectiveness of potential elicitors of plant resistance against *Spodoptera frugiperda* (J E Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in four crop plants. **Plos One**, San Francisco, v. 10, n. 9, e0136689, 2015.

GOUSSAIN M. M.; MORAES J. C.; CARVALHO J. G.; NOGUEIRA N. L.; ROSSI M. L. Efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 31, p. 305–310, 2002.

HECKMAN, J. Silicon: A Beneficial Substance, **Better Crops**, v. 97, n. 4, p. 14-16, 2013.

HOFFMANN-CAMPO, C. B. Resistencia constitutiva e induzida em plantas a insetos e a metabólica. Embrapa Soja. In: Anais do XXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, Curitiba-PR, 2012.

IPNI-International Plant Nutrition Institute. **Nutri-Facts. Silicon**, 2015, n. 14, 2p.

KALAJI, M. H; GUO, P. Chlorophyll fluorescence: a useful tool in barley plant breeding programs. In: Sanchez, A. Gutierrez, S.J (Org.) Photochemistry research progress. **Nova publishers**. New York, 2008, p. 439-463.

KERCHEV, P. I.; FENTON, B.; FOYER, C. H.; HANCOCK, R. D. Plant responses to insect herbivory: interactions between photosynthesis, reactive oxygen species and hormonal signalling pathway. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 35, p. 441-453, 2012.

KORNDORFER, A. P.; GRISOTO, E.; VENDRAMIN, J. D. Induction of insect plant resistance to the spittlebug *Mahanarva fimbriolata* Stal (Hemiptera: Cercopidae) in sugarcane by silicon application. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 40, p. 387-392, 2011.

KVEDARAS, O. L.; BYRNE, M. J.; COOMBES, N. E.; KEEPING, M.G. Influence of plant silicone and sugarcane cultivar on mandibular wear in the stalk borer *Eldana saccharina*. **Agricultural and Forest Entomology**, Hoboken, v. 11, p. 301-306, 2009.

LARA, F. M. **Princípios de Resistência de Plantas a Insetos**, 1991, 2ª ed., 336p.

LARA, F. M. Proteção de plantas: Preferência Alimentar de Adultos de *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) por Genótipos de Batata (*Solanum* spp.). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 131-137, 2000.

LEMOS FILHO, J. P.; CHRISTIANO, J. C. S.; ISAIAS, R. M. S. Efeitos da infestação de insetos galhadores na condutância e taxa relativa de transporte de elétrons em folhas de *Aspidosperma australe* Müell. Arg. e de *A. spruceanum* Benth. ex Müell. Arg. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 1152-1154, 2007.

LIANG, Y.; NIKOLIC, M.; BELANGER, R.; HAIJUN, G.; SONG, A. Silicon in Agriculture. From Theory to Practice. **Springer**, Dordrecht, 2015, 1ª ed., 235 p.

LIMA, J. S.; SOUSA, J. C.; MACHADO, J. C.; RAMALHO, M. A. P. Controle genético para o controle da exigência térmica para o início do florescimento em milho. **Bragantia**, Campinas, v.27, n.1, p.127-131, 2008.

LOGUERCIO, L. L.; CARNEIRO, N. P.; CARNEIRO, A. A. Milho Bt: Alternativa biotecnológica para controle biológico de insetos-praga. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**. Brasília, v. 24, p. 46-52, 2002.

LOURENÇÃO, A. L. F; FERNANDES, M. G. Avaliação do milho Bt Cry1Ab e Cry1F no controle de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em condições de campo, **Científica**, Jaboticabal, v. 41, n. 2, p. 163-188, 2013.

LUDWIG, A. A.; ROMEIS, T.; JONES, J. D. G. CDPK-mediated signalling pathways: specificity and cross-talk. **Journal of Experimental Botany**. Oxiford, v. 55, p. 181–188, 2004.

MAFFEI, M. E.; MITHÖFER, A.; BOLAND, W. Insects feeding on plants: rapid signals and responses preceding the induction of phytochemical release. **Phytochemistry**, Amsterdã, v. 68, p. 2946–2959, 2007.

MAZZONETTO, F.; CORDINI, F.; COBANI, R. Z.; DALR, A. B. Ação de inseticidas botânicos sobre a preferência alimentar e sobre posturas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho. **EntomoBrasilis**, Vassouras, v. 6, n. 1, p. 34-37, 2013.

MIRANDA, J. E.; MOREIRA, M. D.; SIQUEIRA, J. R. Aspectos biológicos e exigências térmicas da lagarta-militar no algodoeiro. **Revista Brasileira Oleaginosas e fibrosas**, Campina Grande, v. 14, n. 3, p.107-113, 2010.

MITRA S.; BALDWIN I. T. Independently silencing two photosynthetic proteins in *Nicotiana attenuata* has different effects on herbivore resistance. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 148, p. 1128–1138, 2008.

MOORE R. G.; HANKS, L. M. Aerial dispersal and host plant selection by neonate *Thyridopteryx ephemeraeformis* (Lepidoptera: Psychidae). **Ecological Entomology**, Oxford, v. 29, p. 327-335, 2004.

MOORE, G. M.; WATTS, D. A.; GOOLSBY, J. A. Ecophysiological responses of giantreed (*Arundo donax*) to herbivory. **Invasive Plant science and management**, Washington, v. 3, p. 521-529, 2010.

MORAES, A. R. A.; LOURENÇÃO, A. L.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z. Resistência de híbridos de milho convencionais e isogênicos transgênicos a *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Bragantia**, Campinas, v.74, n.1, p.50-57, 2015.

NAGOSHI, R. N.; SILVIE, P.; MEAGHER, L. R.; LOPEZ, J.; MACHADO, V. Identification and comparison of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) host strains in Brazil. **Annals of the Entomological Society of America**, Oxiford, v. 100, n. 3, p. 394-402, 2007.

NEBO, L.; MATOS, A. P.; VIEIRA, P. C.; FERNANDES, J. B.; SILVA, M. F. G. F.; RODRIGUES, R.R. Atividade inseticida dos frutos de *Trichilia clausenii* (Meliaceae) sobre *Spodoptera frugiperda*. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 9, p. 1849-1852, 2010.

NEVES, A. D. Estimativa do nível de dano e *Orthezia praelonga* Douglas, 1891 e de *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville, 1842) por variáveis fisiológicas vegetais. 2004. 76f. **Dissertação de mestrado**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

NUNES, A. S.; CECCON, G. Eficiência fotossintética de plantas de milho safrinha solteiro e consorciado com *Brachiaria ruziziensis*. In: **XI Seminário Nacional De Milho Safrinha**, Lucas do Rio Verde, 2011.

NÜRNBERGER, T.; WIRTZ, W.; NENNSTIEL, D.; HAHLBROCK, K.; JABS, T.; ZIMMERMANN, S.; SCHEEL, D. Signal perception and intracellular signal transduction in plant pathogen defense. **Journal of Receptors and Signal Transduction**, London, v. 17, p. 127–136, 1997.

OLIVEIRA, M. S. S.; ROEL, A. R.; ARRUDA, E. J.; MARQUES, A. S. Eficiência de produtos vegetais no controle da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 326-331, 2007.

PAINTER, R. H. Insect resistance in crop plants. **The University Press of Kansas**, Lawrence, 1968. 520p.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrol. Earth System Science*, Bangalore, v. 11, p.1633–1644, 2007.

PÍPOLO, V. C.; SOUZA, A.; BARRETO, T. P. GARBUGLIO, D. D.; FERREIRA, J. M. Avaliação de cultivares de milho crioulo em sistema de baixo nível tecnológico. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 229-233, 2010.

PUPATTO, J. G. C. Trocas gasosas e eficiência de uso da água da cultura do arroz irrigado por aspersão em função da aplicação de silício. 2003. 151f. **Tese de doutorado** - Universidade Estadual Paulista, Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, 2003.

ROEL, A. R.; SOARES, J. A. L.; PERUCA, R. D.; PEREIRA, L. C.; JADOSKI, C. J. Occurrence in field and development lab *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Noctuidae) in corn with organic fertilizer and chemical. **Applied Research & Agrotechnology**, Nata, v. 10, n. 1, p. 67-73, 2017.

ROSA, A. P. A.; TRECHA, C. O.; ALVES, A. C.; GARCIA, L.; GONÇALVES, V. P. Biologia e tabela de vida de fertilidade de *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH) em linhagens de milho. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.79, n.1, p. 39-45, 2012.

ROUSSEAU, C.; BELIN, E.; BOVE, E.; ROUSSEAU, D.; FABRE, F.; BERRUYER, R.; GUILLAUMÉS, J.; MANCEAU, C.; JACQUES, M. A.; BOUREAU, T. High throughput quantitative phenotyping of plant resistance using chlorophyll fluorescence image analysis. **Plant Methods**, London, v. 9, n. 17, 2013.

SILVA, L. S.; BOHNEN, H. Produtividade e absorção de nutrientes pelo arroz cultivado em solução nutritiva com diferentes níveis de silício e cálcio. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 9, n. 1, p. 49-52, 2003.

SOUZA, J. A.; BUZETTI, S.; TARSITANO, M. A. A.; VALDERRAMA, M. Lucratividade do milho em razão das fontes, doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 3, p. 321-329, 2012.

SOUZA, T. C.; CASTRO, E. M.; MAGALHAES, P. C.; LINO, L. O.; ALVES, E. T.; ALBUQUERQUE, P. E. P. Morphophyology, morphoanatomy, and grain yield under field conditions for two maize hybrid with contrasting response to drought stress. **Acta Physiologiae Plantarum**, Copenhagen, v. 35, n. 11, p. 3201-3211, 2013.

STARGARLIN, J. R.; KUHN, O. J.; TOLEDO, M. V.; PORTZ, R. L.; SCWAN-STRADA, K. R. F.; PASCHOLAT, S. F. A defesa vegetal contra fitopatógenos. **Scientia Agraria Paranaensis**, Paraná, v. 10, n. 1, p. 18-46, 2011.

STICHER, L.; MAUCH-MANI, B.; MÉTRAUX, J. P. Systemic acquired resistance, **Review of Phytopathology**, Saskatoon, v. 35, p. 235-270, 1997.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. **Artmed**, Porto Alegre, 2017. 6ª ed. 848 p.

TOSCANO, L. C.; FERNANDES, M. A.; ROTA, M. S.; MARUYAMA, W. I.; ANDRADE, J. V. Híbridos de milho frente ao ataque de *Spodoptera frugiperda* em associação com adubação silicatada e o efeito sobre o predador *Doru luteipes*. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 3, n. 1, p. 51-55, 2016.

USDA-United States Department of Agriculture. **Grain: World Markets and Trade**. 2017, 52 p.

VALICENTE, F. H.; TUELHER, E. S. Controle Biológico da Lagarta do Cartucho, *Spodoptera frugiperda*, com Baculovírus. Sete Lagoas, EMBRAPA, **Circular Técnica**, **114**, 2009, 14 p.

VELIKOVA, V.; SALERNO, G.; FRATI, F.; PERI, E.; CONTI, E.; COLAZZA, S.; LORETO, F. Influence of feeding and oviposition by phytophagous pentatomids on photosynthesis of herbaceous plants. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 36, p. 629–641, 2010.

WAQUIL, J. M.; VILELLA, F. M. F. Gene bom. **Revista Cultivar**, Pelotas, v. 49, p. 22-26, 2003.

WAR, A. R.; PAULRAJ, M. G.; AHMAD, T.; BUHROO, A. A.; HUSSAIN, B.; IGNACIMUTHU, S.; SHARMA, H. C. Mechanisms of plant defense against insect herbivores. **Plant Signaling & Behavior**, Austin, v.7, n. 10, p. 1306–1320, 2012,

WAR, A. R.; PAULRAJ, M. G.; IGNACIMUTHU, S.; SHARMA, H. C. Induced resistance to *Helicoverpa armigera* through exogenous application of jasmonic acid and salicylic acid in groundnut, *Arachis hypogaea*. **Pest Management Science**, West Sussex, v. 71, n. 1, p. 72-82, 2014.

YUSUF, M. A.; KUMAR, D.; RAJWANSHI, R.; STRASSER, R. J.; TSIMILLIMICHAEL, M.; GOVINDJE E.; SARIN, N. B. Overexpression of γ -totoopherol methyl transferase gene in transgenic *Brassica juncea* plants alleviates abiotic stress: Physiological and chlorophyll a fluorescence measurements. **Biochimica et Biophysica Acta**. Amsterdã, v. 1797, p. 1428-1438, 2010.

ZALUCKI, M. P.; CLARKE, A. R.; MALCOLM, S. B. Ecology and behavior of first instar larval Lepidoptera. **Annual Review Of Entomology**. Palo Alto, v. 47, p. 361-393, 2002.

ZENKER, M. M.; SPECHT, A.; CORSEUIL, E. Estágios imaturos de *Spodoptera cosmioides* (walker) (Lepidoptera, Noctuidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v.24, p. 99-107, 2007.